



TecnoCampus
Escola Superior
de Ciències de la Salut

Centre adscrit a:



Comparación de dos protocolos PAP con Hip-thrust y Half Back Squat y su efecto en el esprint en atletas de categoría sub-16 y sub-18 especializados en disciplinas de velocidad (100-200 m) y saltos horizontales.

Estudiante: David Garcia Carvajal

Directora: Carla Pérez-Chirinos Buxadé

Trabajo Final de Grado

Quinto curso Fisioterapia + CAFE

Tecnocampus (UPF)

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	JUSTIFICACIÓN	3
3	HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	5
3.1	Hipótesis.....	5
3.2	Objetivos	5
4	METODOLOGÍA	6
4.1	Diseño del estudio.....	6
4.2	Población y muestra.....	6
4.3	Asignación de los individuos a los grupos de estudio.....	7
4.4	Variables de estudio y Procedimiento	7
4.5	Descripción de la propuesta de intervención	8
4.6	Análisis estadístico	12
4.7	Consideraciones éticas.....	12
5	Resultados	13
6	Discusión	19
7	Conclusiones	22
8	Limitaciones	23
9	Implicación en la práctica profesional	24
10	Perspectivas de futuro	25
11	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
12	Anexos.....	29
12.1	Anexo I Hoja Informativa.	29
12.2	Anexo II Consentimiento informado.....	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características físicas de los participantes (Elaboración Propia).....	6
Tabla 2	Estructura del Calentamiento General (Elaboración Propia)	10

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Esquema de la Sesión 3 y 4 (Elaboración Propia)	7
Figura 2	Esquema del montaje para la prueba	8
Figura 3	Estructura completa de la intervención (Elaboración Propia).....	9
Figura 4	Esquema diseño experimental. Tomado de Winwood, P. W., Posthumus, L. R., Cronin, J. B., & Keogh, J. W. (2016).....	11
Figura 5	(A y B) Porcentajes de mejora obtenidos en los sprints 4 y 8 minutos posteriores a la finalización del PAP de Hip Thrust.....	17
Figura 6	(A y B) Porcentajes de mejora obtenidos en los sprints 4 y 8 minutos posteriores a la finalización del PAP de Half Back Squat	18

ÍNDICE DE ABREVIACIONES

- Potenciación Post-Activación (PAP)
- Back Squat (BS)
- Hip Thrust (HT)
- Half Back Squat (HBS)
- Repetición Máxima (RM)
- Repetición Máxima Estimada (RMe)

Resumen

Introducción: El calentamiento sigue siendo una asignatura pendiente en el deporte de alto rendimiento, provocando muchas veces que sea el atleta quien decida que protocolo realizar antes de una competición. El PAP se presenta como una interesante herramienta para conseguir mejorar el rendimiento del esprint, los ejercicios potenciadores escogidos para esta investigación fueron el HT y HBS.

Objetivo: El objetivo de este estudio es analizar el impacto de dos protocolos PAP de HT y HBS en el rendimiento de un esprint de 30m y sus respectivos tramos (0-10m,10-20m y 20-30m) en atletas de categoría sub-16 y sub-18.

Método: Nueve atletas de categoría sub-16 y sub-18 ($14,77 \pm 0,81$ años de edad; $175,77 \pm 5,09$ cm de altura; $64,88 \pm 6,33$ kg de peso) que compiten a nivel regional en pruebas de velocidad y saltos horizontales participaron en el estudio. Realizaron cuatro sesiones independientes separadas entre ellas más de siete días, las dos primeras fueron dedicadas a la estimación del 1RM de HT y HBS, en la sesión 3 realizaron el protocolo PAP de HT y en la sesión 4 ejecutaron el protocolo de HBS.

Resultados: Los resultados mostraron mejoras de rendimiento en el tramo 0-10m en ambos grupos que realizaron el PAP durante el protocolo de HT respecto sus tiempos de referencia a los 4 y 8 minutos. Respecto al protocolo de HBS se observó un aumento del rendimiento en cada uno de los tramos analizados por los dos grupos que ejecutaron el PAP, consiguiendo el mejor desempeño a los 8 minutos.

Conclusiones: El protocolo de HT solo mostró beneficios en el primer tramo cronometrado (0-10m) mientras que el protocolo de HBS consiguió aumentar el rendimiento en todos los tramos del esprint de 30 metros en los sujetos participantes en este estudio.

Palabras claves: Potenciación post-activación, calentamiento, hip thrust, half back squat, esprint.

Abstract

Introduction: Warming up is still a pending subject in high performance sport, often causing the athlete to decide which protocol to perform before a competition. The PAP is presented as an interesting tool to improve sprinting performance, the activating exercises chosen for this research were the HT and HBS.

Objective: The aim of this study is to analyse the impact of two PAP protocols of HT and HBS on the performance of a 30m sprint and their respective sections (0-10m, 10-20m and 20-30m) in U16-18 athletes.

Methods: Nine U16-18 athletes (14.77 ± 0.81 years of age; 175.77 ± 5.09 cm in height; 64.88 ± 6.33 kg in weight) competing at regional level in sprint and horizontal jumping events participated in the study. They performed four independent sessions separated by more than seven days, the first two were dedicated to HT and HBS 1RM estimation, in session 3 they performed the HT PAP protocol and in session 4 they performed the HBS protocol.

Results: The results showed improvements in performance in the 0-10m stretch in both groups that performed the PAP during the HT protocol with respect to their reference times at 4 and 8 minutes. With respect to the HBS protocol, an increase in performance was observed in each of the sections analysed by the two groups that performed the PAP, achieving the best performance at 8 minutes.

Conclusions: The HT protocol only showed benefits in the first timed section (0-10m) while the HBS protocol was able to increase performance in all sections of the 30m sprint in the subjects participating in this study.

Keywords: Post activation potentiation, warm-up, hip thrust, half back squat, sprint.

1 INTRODUCCIÓN

Son muchos los avances en el mundo deportivo referente al perfeccionamiento de las diferentes metodologías de entrenamiento y la tendencia a controlar al detalle los diferentes parámetros existentes con el objetivo de entender mejor el impacto que causan las cargas de entrenamiento en nuestros deportistas (Halson, 2014) para conseguir su máximo rendimiento. (Borresen & Ian Lambert, 2009)

Las nuevas tecnologías nos brindan la facilidad de realizar este seguimiento y mejorar la calidad de las planificaciones deportivas, pero muchas veces este trabajo exhaustivo no se ve reflejado en la realización de un calentamiento precompetitivo óptimo y se deja a la elección del atleta su estructura y desarrollo.

El calentamiento sirve de medio al deportista para pasar del estado de reposo al óptimo para el desempeño competitivo utilizando mecanismos como el aumento de la temperatura corporal, metabolismo y cambios neurales a través de ejercicios aeróbicos, estiramientos activos y tareas con intensidad y técnica similares a la competición. (McGowan et al., 2015)

Se ha observado que actividades que requieran de fuerza explosiva como saltos (Esformes & Bampouras, 2013), lanzamientos o esprint (Chatzopoulos et al., 2007) pueden verse beneficiadas si previamente se realiza un estímulo neuromuscular máximo o cercano. Este fenómeno se denomina potenciación post-activación (PAP), la literatura indica que para que se produzca esta mejora debe existir un balance positivo entre la fatiga y la potenciación (Rassier & MacIntosh, 2000) de lo contrario el resultado obtenido puede ser negativo. Dentro de esta ecuación intervienen el tipo de ejercicio potenciador o PAP, su carga, volumen y período de recuperación. No existe un consenso general, pero algunos autores indican que se obtiene un mayor beneficio empleando intensidades moderadas (60-85%) y un tiempo de recuperación entre 7 y 10 minutos (Wilson et al., 2013) mientras que en otros estudios esta ventana de mejora se ve más reducida (3-7 minutos) (Dobbs et al., 2019).

Otros aspectos que pueden tener una influencia sobre la efectividad del PAP son las características del sujeto influirán en los efectos del protocolo PAP, diversos estudios indican que deportistas con más de 3 años de experiencia en el entrenamiento de fuerza obtienen un mayor beneficio respecto no deportistas y personas entrenadas (Wilson et al., 2013b), debido a una mejor tolerancia a la fatiga y una mayor actividad en la fosforilación de las cadenas ligeras reguladoras de miosina (Sale, 2002).

Existen diferentes mecanismos fisiológicos para dar explicación al método PAP:

-La fosforilación de las cadenas ligeras de miosina después de una estimulación máxima o casi máxima provoca una mayor liberación de Ca^{2+} e interacción de actina-miosina en el retículo sarcoplasmático debido al aumento de la sensibilidad al Ca^{2+} mioplasmático. (Xenofondos et al., 2010).

-El Aumento del reclutamiento de unidades motoras provocando un incremento de la actividad neuronal.

-La disminución del ángulo de penetración debido al ejercicio PAP ocasionando una ventaja mecánica en la transmisión de fuerza al tendón. (Tillin & Bishop, 2009)

El efecto PAP tiene un impacto más notable en las fibras musculares tipo II debido a una mejor fosforilación de las cadenas ligeras reguladoras de miosina después de la realización del ejercicio PAP. Por lo tanto, ejercicios que involucren musculatura con mayor porcentaje de fibras tipo II obtendrán un efecto mayor de la misma forma que, sujetos con un porcentaje más elevado de fibras rápidas (Hamada et al., 2000).

2 JUSTIFICACIÓN

La necesidad por parte de los entrenadores de conseguir el mejor rendimiento deportivo posible de nuestros atletas pasa por, realizar una correcta planificación, comprendiendo los requerimientos físicos de la modalidad deportiva, sus periodos competitivos y la adaptabilidad al entrenamiento.

Conseguir el punto óptimo de rendimiento en la competición depende de una ecuación compleja donde el calentamiento puede obtener una fuerte relevancia e influencia. Por este motivo es necesario investigar nuevas estrategias que permitan condicionar al deportista preparándolo para la actividad competitiva y mejorando su actuación. Aquí entra en juego el protocolo PAP, ofreciendo la posibilidad de establecerse como una estrategia alternativa al calentamiento convencional con el objetivo de incrementar la fuerza contráctil gracias a la realización previa de un ejercicio PAP.

La extensa bibliografía y la diversidad de protocolos investigados coronan al Back Squat (BS) como ejercicio PAP referencia para la posterior mejora del esprint (Yetter & Moir, 2008), debido a la importancia que tiene este atributo en diversos deportes, muchos estudios se han centrado en ver los beneficios de la aplicación del método PAP en futbolistas, jugadores de básquet y balonmano entre otros, pero curiosamente no existe una amplia bibliografía en atletas de velocidad donde el rendimiento del esprint es el objetivo final.

Se ha observado que la capacidad de orientar el vector de fuerza horizontalmente en la fase de aceleración juega un papel importante en su rendimiento. Esto provoca que atletas que sean capaces de generar grandes cantidades de fuerza en un intervalo de tiempo corto en el plano horizontal, seguramente alcancen velocidades mayores (MORIN et al., 2011). Aquí entra en juego el Hip Thrust (HT), su vector de fuerza horizontal lo convierte en un interesante candidato a ser utilizado como ejercicio potenciador en un protocolo PAP. Se ha observado que en atletas élite de velocidad existe una fuerte correlación entre el HT y las primeras fases de aceleración, por encima de ejercicios con componente vertical como Media Sentadilla o Sentadilla con Salto.

Esto abre una interesante oportunidad de investigación sobre la comparación del BS y el HT como ejercicios potenciadores dentro de un protocolo PAP y su efecto en la fase de aceleración de un sprint, añadiendo como sujetos atletas especializados en la disciplina de velocidad y saltos horizontales.

Finalmente, se ha seleccionado al Half Back Squat (HBS) como ejercicio PAP de componente vertical por su mayor correlación con el sprint por encima del Full Back Squat. Se descartó el Quarter Back Squat pese a tener una mejor correlación por el incremento de peso para generar un estímulo adecuado y su posible riesgo de lesión asociado (Rhea et al., 2016).

3 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1 Hipótesis

Se ha establecido la siguiente hipótesis previa a la realización del estudio:

Tanto el protocolo PAP basado en HT como el basado en HBS tendrán un efecto positivo sobre el rendimiento del esprint de 30 m en atletas especializados en las disciplinas de velocidad y saltos horizontales.

3.2 Objetivos

El actual trabajo tiene el objetivo general de analizar el efecto de dos protocolos PAP basados en HT y HBS sobre el rendimiento del esprint de 30 m en atletas especializados en las disciplinas de velocidad y saltos horizontales. Existen además los siguientes objetivos específicos:

- Analizar el efecto PAP del HT sobre el tiempo del esprint en los intervalos de 0-10m, de 10-20m y de 20-30 m.
- Analizar el efecto PAP del HBS sobre el tiempo del esprint en los intervalos de 0-10m, de 10-20 m y de 20-30 m.
- Comparar el efecto PAP del HT y HBS sobre el tiempo del esprint en los intervalos de 0-10m, de 10-20 m y de 20-30 m.

4 METODOLOGÍA

4.1 Diseño del estudio

Se trata de un estudio experimental aleatorio cruzado para determinar los efectos producidos por los dos protocolos PAP sobre el rendimiento en el esprint y, comparar si existen diferencias significativas entre ellos.

4.2 Población y muestra

Nueve atletas de categoría sub-16 y sub-18 pertenecientes a un club de atletismo español. Se consideran como criterios de exclusión periodos de tiempo inferiores a un año respecto a la experiencia en el entrenamiento de fuerza y la presencia de alguna lesión en el inicio del estudio o con una anterioridad inferior a 6 semanas. Los sujetos tendrán la obligación de firmar un consentimiento informado para la realización del estudio.

La Tabla 1 con las características físicas de los participantes:

VARIABLES	PROMEDIO \pm SD
Edad (y)	14,77 \pm 0,81
Peso corporal (kg)	64,88 \pm 6,33
Altura (cm)	175,77 \pm 5,09
Hip Thrust 1RM (kg)	139,44 \pm 9,94
Half Back Squat 1RM (kg)	103,55 \pm 15,10

Tabla 1 Características físicas de los participantes (Elaboración Propia)

4.3 Asignación de los individuos a los grupos de estudio

Existirán tres grupos diferentes donde los sujetos serán asignados de forma aleatoria. El primer grupo realizará el protocolo PAP posterior al calentamiento, el segundo grupo realizará el protocolo PAP al final de la sesión y el tercer grupo no realizará ningún protocolo PAP. En cada día de intervención se volverá a realizar una asignación aleatoria de los sujetos.

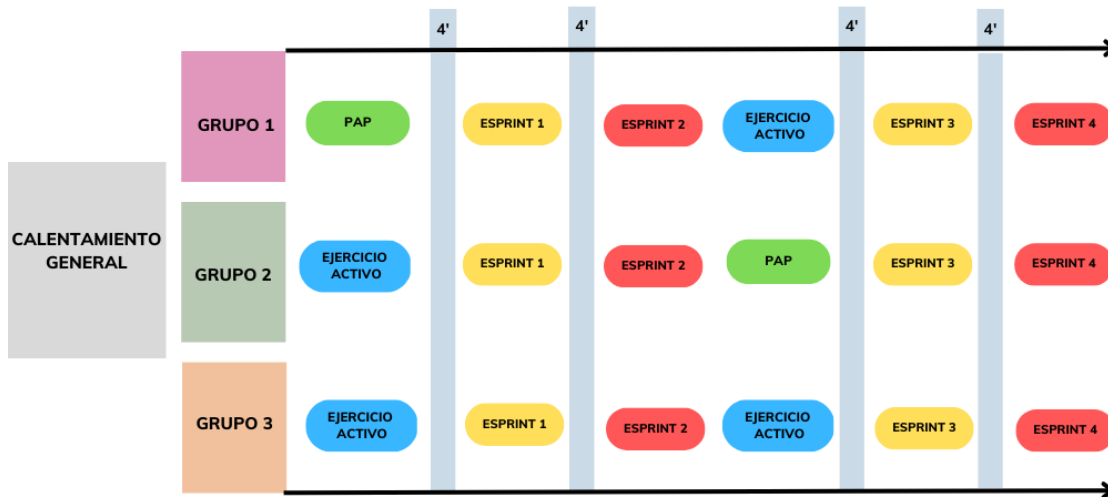


Figura 1 Esquema de la Sesión 3 y 4 (Elaboración Propia)

4.4 Variables de estudio y Procedimiento

Se recogerá la variable tiempo en los intervalos 0-10 m, 10-20 m, 20-30 m y tiempo total a través de la utilización del sistema de medición FreeLap (Fleurier, Suiza). El atleta llevará un sensor magnetómetro en la cadera que detecta los campos electromagnéticos emitidos por los transmisores (imanes) colocados en cada tramo y, mide los intervalos de tiempo. El atleta se colocará 2,5 metros por detrás del primer transmisor para evitar activaciones erróneas por proximidad cuando se coloque en la salida.

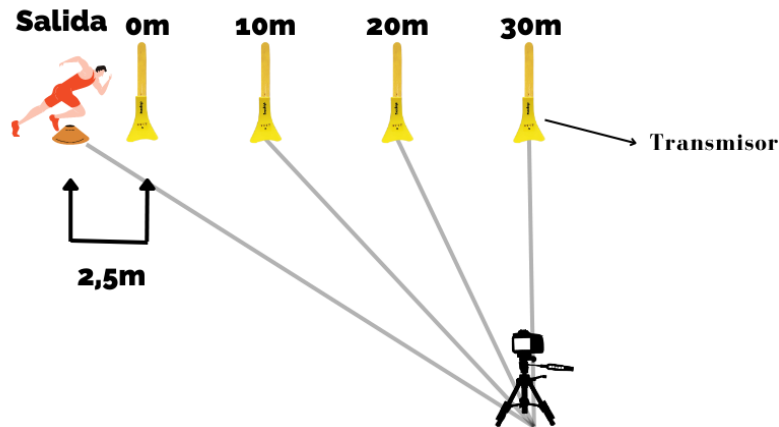


Figura 2 Esquema del montaje para la prueba

En la Figura 2 se observa el procedimiento para la medición del tiempo del sprint, el atleta se colocará en la línea de salida en posición de tres apoyos, en el momento que el sujeto pase por el primer transmisor, el tiempo empezará a contar de forma precisa.

Además, se colocará un trípode con un dispositivo móvil en la llegada de los 30 metros que se encargará de realizar una grabación a cámara lenta de 240 fps enfocando en todo momento al atleta con previa corrección de paralaje, permitiendo calcular los tiempos de cada tramo a través del software Kinovea en la versión 0.9.5 en el supuesto caso de un error en la medición del sistema Freelap.

4.5 Descripción de la propuesta de intervención

El estudio consistirá en 4 sesiones independientes, separadas entre ellas más de 7 días. Los atletas no podrán ingerir ningún estimulante previo al desarrollo de la intervención ni realizar una sesión de entrenamiento de intensidad elevada el día anterior. La estructura completa de la intervención se puede observar en la Figura 3.

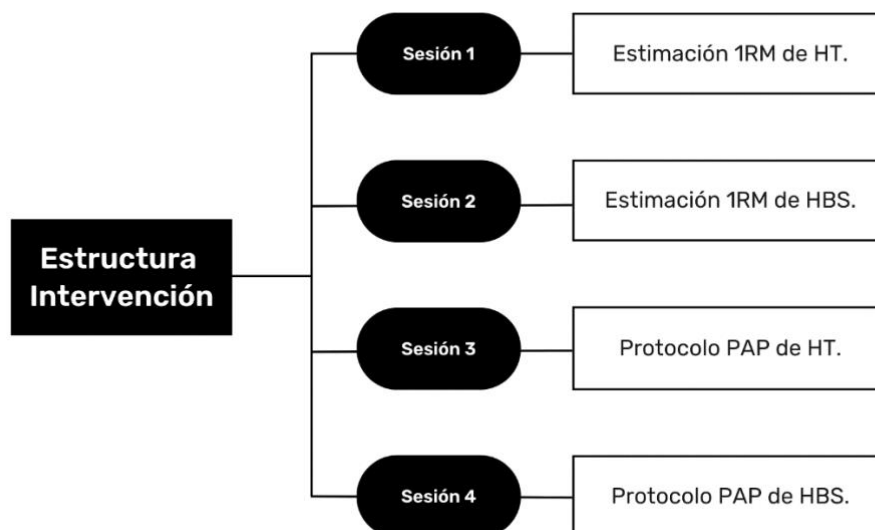


Figura 3 Estructura completa de la intervención (Elaboración Propia)

La primera y segunda sesión servirán para establecer el 1RM estimada (1RMe) de HBS y HT. El individuo realizará una aproximación de series de cuatro repeticiones hasta un peso que le suponga una intensidad elevada ($\approx 80-90\%RM$), con el objetivo posterior de hacer una serie con el máximo número de repeticiones posible para calcular su 1RMe a través de la tabla de Matthew Brzycki (Brzycki, 1993).

Anteriormente, durante toda la temporada los atletas se han familiarizado con los dos movimientos específicos y mejorado su técnica.

Las dos sesiones restantes tendrán el objetivo de llevar a cabo los protocolos PAP siguiendo ambas una misma estructura y metodología. El HT será asignado para la sesión 3 y el HBS para la sesión 4.

En la Tabla 2 se detalla la estructura del calentamiento general que realizarán todos los participantes del estudio, es la parte común de las sesiones 3 y 4.

Estructura del Calentamiento General	
Tiempo aproximado	Ejercicio
3'	500 m Carrera Continua
2'	Estiramientos Balísticos
5'	Movilidad General
7'	CORE
10'	Técnica de carrera
3'	Aceleraciones submáximas de 40 m

Tabla 2 Estructura del Calentamiento General (Elaboración Propia)

Posteriormente, como podemos apreciar en la Figura 1, los atletas serán divididos en los tres grupos que se les ha asignado de forma aleatoria, condicionando su estructura a seguir durante la sesión 3 y 4.

La estructura para la ejecución del ejercicio PAP consistirá en una serie aproximativa con un peso intermedio (40% 1RM) seguido del test de tres series de cuatro repeticiones al 80%RM. La recuperación entre series será de 3 minutos evitando una acumulación relevante de fatiga. Después de acabar la última serie, el sujeto dispondrá de cuatro minutos de recuperación activa para la posterior realización del primer esprint de 30 m, seguido de otros cuatro minutos (8 minutos tomando de referencia el final del test) hasta el segundo esprint.

Solo existirá un grupo que esté en el gimnasio llevando a cabo el ejercicio PAP (Grupo 1), mientras que, los demás grupos realizarán ejercicio activo evitando enfriarse con el objetivo de llegar en óptimas condiciones para los dos esprints que se ejecutarán, respetando los mismos tiempos anteriormente mencionados. El ejercicio activo consistirá en una combinación de ejercicios de técnica de carrera con marcha continua.

Una vez acabado la primera tanda de esprints se volverá a realizar la intervención, pero cambiando el grupo que realiza el ejercicio PAP (Grupo 2), siendo solo dos grupos los que lo ejecuten a lo largo de la sesión, mientras que el grupo restante (Grupo 3) se limitará a hacer ejercicio activo entre la primera batería de esprints y la segunda.

Con esta estructura buscamos alejarnos de la metodología convencional habitualmente utilizada en la literatura. El estudio de Winwood et al. (2016) es un ejemplo de este tipo de metodología, existe solamente un grupo, el cual realiza un calentamiento para la posterior realización de la

actividad que, se desea aumentar su rendimiento, en este caso el esprint y recoger los datos que se consideraran control como podemos observar en la Figura 4. Después los sujetos ejecutan el ejercicio potenciador con sus cargas correspondientes y vuelven a repetir la actividad utilizando determinados tiempos de recuperación, una vez finalizada la sesión comparan los datos recogidos pre y post realización del ejercicio potenciador para escribir la discusión y conclusión del protocolo PAP ideado. Esta metodología tiene sus limitaciones e inconvenientes, el hecho de que todos los participantes realicen la misma intervención dificulta el aislamiento de aquellos factores que hayan podido afectar tanto positivamente como negativamente al rendimiento del esprint. Por este motivo el protocolo empleado en este estudio intenta evitar la influencia de otros factores y lograr unos resultados más estrictos, la creación de tres diferentes grupos nos aporta una mayor información para comprender los datos obtenidos y poder discutir mejor si la supuesta mejora o pérdida de rendimiento ha sido provocada por el protocolo PAP o por causas ajenas como la meteorología.

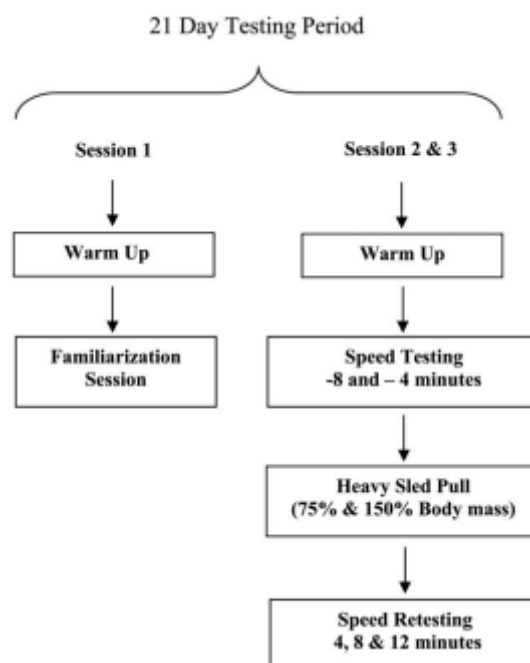


Figura 4 Esquema diseño experimental. Tomado de Winwood, P. W., Posthumus, L. R., Cronin, J. B., & Keogh, J. W. (2016). The Acute Potentiating Effects of Heavy Sled Pulls on Sprint Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1248-1254. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001227>

4.6 Análisis estadístico

El análisis de los tiempos correspondientes a los intervalos de distancia 0-10 m, 10-20 m, 20-30 m y tiempo total se recopilarán con la aplicación móvil MyFreelap en su versión 5.0 para Android.

Para la posterior discusión de los resultados obtenidos se siguió la siguiente estrategia:

-En los dos grupos que realizaban PAP (Grupo 1 y 2) dentro de la sesión se calculó el promedio de tiempo de cada tramo de los dos sprints que no estaban afectados por el PAP, en el caso del Grupo 1 fueron los sprints 3 y 4 mientras que en el Grupo 2 fueron los sprints 1 y 2. Estos valores se tomaron como valores referencia para el posterior cálculo del porcentaje de mejora respecto los tiempos de cada tramo de los dos sprints restantes, que son aquellos que se han realizado bajo los efectos del PAP.

-En cuanto al Grupo 3 (Control) se tomará como tiempos referencia los promedios de tiempo de cada tramo de los sprints 1 y 2.

Una vez obtenidos los tiempos referencia en los respectivos tramos de cada uno de los grupos, se calculó el porcentaje de diferencia con los tiempos obtenidos en cada tramo en los sprints posteriores al PAP (4 y 8 minutos), si la cifra resultante es un número positivo significa un aumento del rendimiento. En el grupo 3 se comparó los promedios de cada tramo de los sprints 1 y 2 respecto a al promedio logrado en los sprints 3 y 4.

4.7 Consideraciones éticas

El presente estudio fue aprobado por el Comité de Ética para garantizar el cumplimiento de los aspectos éticos de investigación. Los sujetos junto con sus respectivos tutores legales fueron informados por el investigador (David Garcia Carvajal) sobre la finalidad del estudio y su procedimiento de forma oral y escrita (Anexo I).

Para la participación de los sujetos en el estudio los tutores legales firmaron el correspondiente consentimiento informado, aceptando los derechos y obligaciones correspondientes (Anexo II). En el proyecto se respetó los principios éticos de la declaración de Helsinki (WMA, 2013).

El estudio garantiza la confidencialidad y protección de datos de acuerdo con el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

5 Resultados

En la figura 5A se observa que el grupo 1 obtuvo una mejora considerable en cada uno de los tramos del esprint realizado a los 4 minutos después del PAP de HT, destacando el intervalo 20-30m donde consiguió un 3,39% de mejora respecto el tiempo referencia. En contraste con el grupo 2 y 3 que empeoraron sus rendimientos en todos los tiempos obtenidos, siendo el tramo 10-20m el peor de ellos con unos resultados de -5,88% y -4,55% respectivamente. En el intervalo 0-10m, el grupo 2 mostró un rendimiento muy similar a su tiempo referencia.

Respecto la figura 5B, el grupo 1 continuó mejorando todos los tramos, siendo el 10-20m con un 4,69% de mejora, el intervalo más significativo. El grupo 2 y 3 volvieron a empeorar sus rendimientos en todos los tramos, volviendo a ser el intervalo 10-20m con -3,76% y -4,55% respectivamente el que mayor cambio negativo obtuvo.

La Figura 6A podemos observar un aumento del rendimiento en cada uno de los tramos de los dos grupos que realizaron PAP (Grupo 1 y 2), destacando el tramo de 0-10m donde se obtiene una mejora de 4,27% y 2,33% respectivamente. El grupo 3 obtuvo unos resultados muy similares entre los sprints 1-2 y 3-4 por lo que su variación de rendimiento fue muy pequeña, entre 0,77% el mejor tramo (10-20m) y -0,88% el peor (20-30m).

Finalmente, la figura 6B vuelve a mostrar una mejora de rendimiento en todos los intervalos analizados en este estudio por los grupos 1 y 2, subrayando los tramos 0-10m y 20-30m como aquellos con un porcentaje de mejora más elevado.

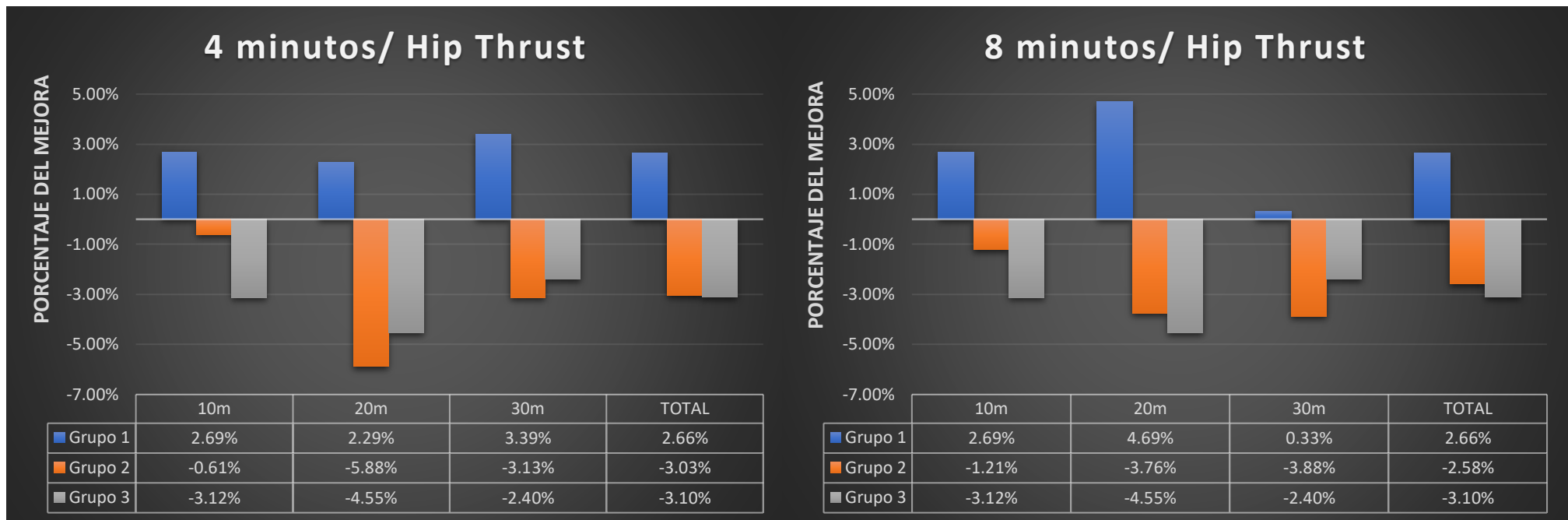


Figura 5 (A y B) Porcentajes de mejora obtenidos en los sprints 4 y 8 minutos posteriores a la finalización del PAP de Hip Thrust.

Grupo 1: Realizan el PAP una vez finalizado el calentamiento. Grupo 2: Ejecutan el PAP después de realizar el calentamiento, ejercicio activo y los sprints 1-2. Grupo 3: No realiza PAP.

Los porcentajes de rendimiento se calcularon sobre el tiempo referencia de cada grupo.

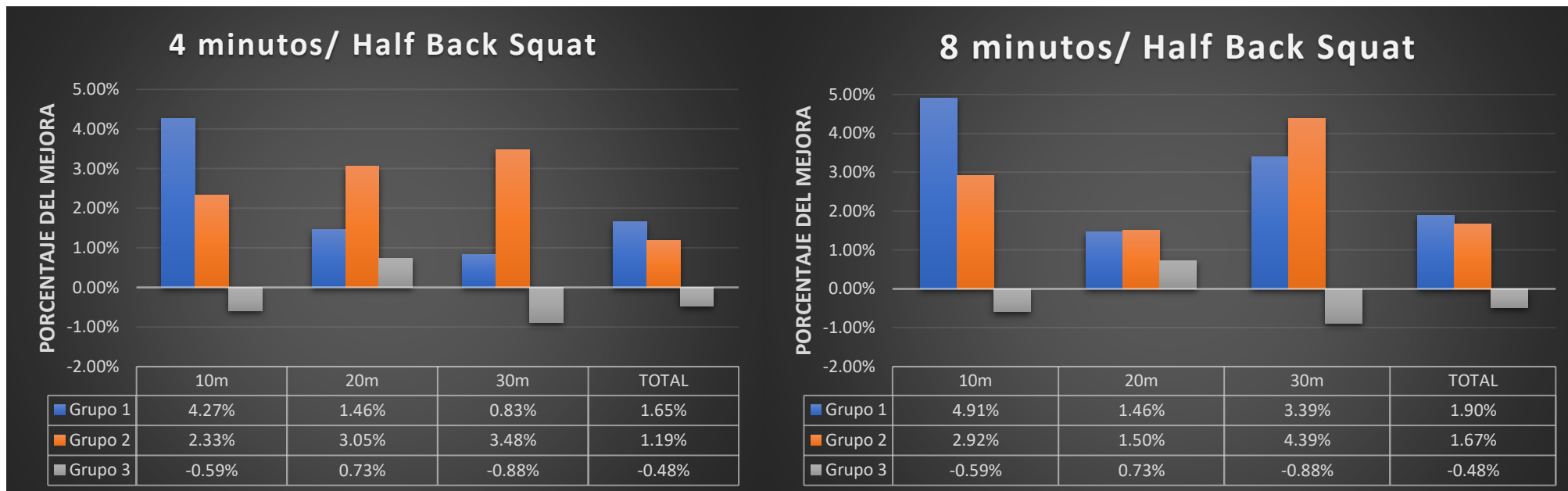


Figura 6 (A y B) Porcentajes de mejora obtenidos en los sprints 4 y 8 minutos posteriores a la finalización del PAP de Half Back Squat

Grupo 1: Realizan el PAP una vez finalizado el calentamiento. Grupo 2: Ejecutan el PAP después de realizar el calentamiento, ejercicio activo y los sprints 1-2. Grupo 3: No realiza PAP.

Los porcentajes de rendimiento se calcularon sobre el tiempo referencia de cada grupo.

6 Discusión

El objetivo del estudio era determinar el efecto de los protocolos PAP de HT y HBS en los tiempos de un sprint de 30 metros, con sus correspondientes tramos, en atletas sub-16 y sub-18 especializados en pruebas de velocidad y saltos horizontales.

Respecto a la sesión 3 donde se llevó a cabo el protocolo PAP de HT las condiciones respecto al viento cambiaron a mitad de la sesión, afectando a los tiempos de los sprints 3 y 4. Esto se reflejó en el rendimiento de los grupos 2 y 3. Con un modelo de protocolo clásico la conclusión de esta sesión hubiera sido que el PAP ha afectado negativamente al rendimiento, pero podemos observar como el grupo 3 (Control) también ha visto empeorado sus tiempos respecto a la primera batería de sprints, esto nos indica que la disminución de rendimiento del grupo 2 se debe a agentes externos, en este caso provocado por el viento en contra. Sin embargo, podemos observar como los tiempos en el tramo 0-10m y en el 0-30m son mejores en el grupo 2 respecto al grupo 3 aun estando bajo las mismas condiciones en ambos sprints (4-8 minutos), destacando el tramo de 0-10m donde se obtiene un rendimiento muy parecido (-0,61% y -1,21%) en los dos sprints posterior al PAP respecto al tiempo referencia aun teniendo condiciones meteorológicas desfavorables, por lo que podemos decir que existe un efecto positivo del PAP en el primer tramo cronometrado. Es necesario comentar que el PAP parece mostrar mayores beneficios a los 8 minutos en el grupo 2 dado que, solo en el tramo 20-30m se obtuvo un peor rendimiento que el grupo 3 mientras que, en el sprint de 4 minutos este hecho ocurre en los tramos 10-20m y 20-30m. En cuanto al grupo 1 poco podemos comentar dado que sus tiempos referencias han sido afectados negativamente por la meteorología, por lo que no podemos atribuir con certeza que la mejora observada se corresponda exclusivamente al efecto inducido por el PAP de HT.

Los datos obtenidos parecen concordar con estudios similares como el de Dello Iacono & Seitz (2018), donde realizaron dos protocolos PAP de HT utilizando cargas del 50% y 85% del 1RM para su ejecución en jugadores de handball. El estudio concluyó que los mejores rendimientos se obtuvieron a los 8 minutos después de la realización del PAP, tanto en el grupo de carga moderada como el de carga pesada, en las distancias de 10m con un 5,05% de aumento de rendimiento y 15m con un 4,65% de mejora en el grupo que utilizó un 85% 1RM. Hay que tener en cuenta las diferencias entre los diseños de protocolo, causan una dificultad a la hora de comparar verazmente los resultados de los estudios.

Los resultados en la sesión 4 donde se llevó a cabo el protocolo PAP de HBS fueron realmente positivos, el grupo 3 obtuvo unos tiempos muy similares, con una variación menor al 1%, cumpliendo a la perfección su función de grupo control. El grupo 2 y 3 obtuvieron una mejora de rendimiento en todos los tramos analizados respecto el grupo 3 en ambos esprints ejecutados después del PAP de HBS, destacando el intervalo 0-10m donde se observó un aumento considerable del rendimiento, en el esprint de 4 minutos el grupo 1 obtuvo un 4,27% de mejora y el grupo 2 un 2,33%, a los 8 minutos observamos unos resultados parecidos siendo de un 4,91% la mejora del grupo 1 y de 2,92% la del grupo 2.

En términos generales podemos considerar que el esprint a los 8 minutos arrojó mejores tiempos en ambos grupos en cada uno de los tramos analizados. Únicamente en el tramo 10-20m, el grupo 2 consiguió su mejor rendimiento en el esprint de 4 minutos. El resto de tiempos obtuvieron su mejor desempeño en el esprint a los 8 minutos.

Estos resultados apoyan las conclusiones de Chatzopoulos et al. (2007), donde la utilización de un PAP que consistía en un set de half back squat al 90% del 1RM en deportistas amateurs, arrojó que se encontraron beneficios significativos en el rendimiento del esprint en las distancias de 0-10m (2,65% de mejora de rendimiento) y 0-30m (1,78% aumento del rendimiento) en los 5 minutos posteriores a la ejecución del PAP. Al igual que nuestro estudio se encontraron aumentos de rendimiento en cada una de las distancias del protocolo de HBS, pero los mejores resultados se obtuvieron en el tramo 0-10m.

Respecto la ventana de tiempo idónea del efecto PAP, el estudio de Bevan et al (2010) muestra que la mayoría de los atletas obtuvieron sus mejores rendimientos en los esprints de 5 y 10m, 8 minutos después de la ejecución del PAP, coincidiendo con los resultados arrojados por el actual estudio.

La comparativa entre los dos protocolos ejecutados en este estudio coronan al HBS como ganador, los porcentajes de mejora fueron superiores en cada uno de los tramos respecto a los obtenidos en la sesión 3. Aún ser el HBS un ejercicio donde la producción de fuerza se realiza de forma vertical, parece producir un mejor efecto PAP en el esprint, resulta interesante ya que esta actividad depende en gran parte de la producción de fuerza horizontal como muestra el artículo de Morin et al. (2012) donde se investigaron los factores mecánicos asociados con el rendimiento del esprint en atletas profesionales y no entrenados, la conclusión fue que la habilidad de dirigir el vector de fuerza durante la aceleración hacia adelante era determinante, es decir la capacidad de desarrollar fuerza horizontal era clave para el rendimiento tanto en atletas profesionales como no entrenados.

La estructura del protocolo arroja un mayor grado de confirmación acerca de los efectos del PAP, pero la problemática surge acerca el número de participantes, cada grupo cuenta con 3 atletas, lo que provoca que una posible mala ejecución de unos de los sprints pueda tener un impacto considerablemente al resultado del grupo, para reducir este riesgo sería conveniente volver a repetir las dos sesiones PAP con su respectiva aleatorización de los grupos para conseguir unos resultados de mayor fiabilidad.

7 Conclusiones

Tras analizar todos los datos recopilados en el estudio, podemos concluir que solo el protocolo de HBS tiene un efecto positivo evidente sobre el rendimiento del esprint de 30 m en atletas especializados en las disciplinas de velocidad y saltos horizontales. En relación con los objetivos específicos planteados en este trabajo:

-El protocolo de HT presenta beneficios en el rendimiento del esprint en el intervalo 0-10m en atletas sub-16 y sub-18 especializados en las disciplinas de velocidad y saltos horizontales. Los resultados respecto al rendimiento del esprint en los tramos 10-20m, 20-30m y 0-30m no son concluyentes. Sería conveniente realizar nuevas investigaciones para esclarecer los posibles beneficios.

-El protocolo de HBS presenta beneficios en el rendimiento del esprint en los intervalos 0-10m, 10-20m, 20-30m y 0-30m en atletas sub-16 y sub-18 y especializados en las disciplinas de velocidad y saltos horizontales.

-El protocolo de HBS muestra mayores beneficios en el rendimiento del esprint en los intervalos 0-10m, 10-20m, 20-30m y 0-30m que el protocolo de HT en atletas sub-16 y sub-18 especializados en las disciplinas de velocidad y saltos horizontales.

Esta investigación puede servir como estudio piloto para evaluar la viabilidad de los protocolos y estudiar las limitaciones existentes con la finalidad de crear una versión mejorada que logre solucionarlos para finalmente, llevar a cabo un estudio a una mayor escala.

8 Limitaciones

La principal limitación encontrada durante el desarrollo del estudio fue el impacto de la meteorología en los tiempos del esprint, más concretamente el viento, fue un factor que se tuvo en cuenta a la hora de desarrollar el estudio y uno de los motivos principales del diseño del concurrente protocolo. Un cambio de la velocidad del viento significativo entre los esprints 1-2 y 3-4 inhabilita los resultados conseguidos por un grupo al alterar sus tiempos de referencia. Poniendo el ejemplo práctico de la sesión 3, el grupo 1 mejoró todos sus tiempos, pero no podemos asegurar que sea debido al efecto del PAP, así que solo nos queda la comparativa del grupo 2 respecto el grupo 3 para poder obtener unas conclusiones. Para solucionar esta limitación existen dos opciones:

- Llevar a cabo las sesiones 3 y 4 en una pista de atletismo cubierta, eliminando la interferencia del viento en la toma de tiempos de los esprints.

- Cambiar el diseño del protocolo, añadiendo dos esprints después de finalizar el calentamiento, aumentando hasta 6 los esprints ejecutados en la sesión, con el objetivo de utilizarlos como tiempo referencia. Con este nuevo diseño conseguiríamos que los tres grupos realizaran los esprints que servirán para el posterior cálculo del porcentaje de mejora bajo las mismas condiciones. Además de incrementar la fiabilidad del estudio, ya que si el efecto PAP fuese positivo, los grupos 1 y 2 solo verían aumentado su rendimiento en dos de los seis esprints ejecutados, los posteriores al HT o HBS.

La otra limitación del estudio es el tamaño de la muestra, con un protocolo convencional contaríamos con un número de sujetos bueno para extraer conclusiones sólidas debido a la existencia de un único grupo, pero al dividir la muestra en tres diferentes grupos consideramos como escaso el número de participantes en el estudio.

Por último, a modo de limitación/propuesta, sería interesante profundizar en el análisis estadístico para corroborar si los datos obtenidos en este estudio han sido significativos, de esta forma podríamos ser más precisos en la redacción de las conclusiones y a la hora de comparar con los demás autores.

9 Implicación en la práctica profesional

Los hallazgos encontrados en este estudio invitan a continuar con la investigación acerca de los efectos inducidos por el PAP para su posible implementación en el entrenamiento de la velocidad. Del mismo modo se destaca la necesidad de profundizar en el tiempo de recuperación óptimo para observar una mejora en el rendimiento.

La dificultad en cuanto a la disponibilidad del material para realizar HT y HBS sumado a la inexactitud para conocer el tiempo de salida de una carrera de velocidad (60m-100m) provoca que su puesta en práctica en el calentamiento previo a una prueba competitiva de atletismo sea prácticamente inviable. Por el contrario, el PAP se presenta como una estrategia para tener en cuenta en el entrenamiento de la velocidad para conseguir trabajar a velocidades superiores, además del beneficio que supondría conseguir mayores rendimientos en la práctica deportiva.

10 Perspectivas de futuro

Des de este estudio se propone que las nuevas líneas de investigación acerca del PAP y su efecto en el rendimiento del esprint involucren nuevas variables de análisis como el tiempo de contacto, frecuencia de zancada, tiempo de vuelo y la longitud de paso. Con el propósito de observar más detalladamente como afecta el teórico aumento de rendimiento a los diferentes factores que dependen de ello, para así comprender mejor el efecto PAP y poder mejorar su posible aplicación en el entrenamiento de velocidad.

11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bevan, H. R., Cunningham, D. J., Tooley, E. P., Owen, N. J., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2010). Influence of postactivation potentiation on sprinting performance in professional rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 701–705. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c7b68a>

Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(9), 779–795. <https://doi.org/10.2165/11317780-000000000-00000>

Brzycki, M. (1993). Strength Testing—Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(1), 88-90. <https://doi.org/10.1080/07303084.1993.10606684>

Chatzopoulos, D. E., Michailidis, C. J., Giannakos, A. K., Alexiou, K. C., Patikas, D. A., Antonopoulos, C. B., & Kotzamanidis, C. M. (2007). Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed. *Journal of strength and conditioning research*, 21(4), 1278–1281. <https://doi.org/10.1519/R-21276.1>

Dello Iacono, A., & Seitz, L. B. (2018). Hip thrust-based PAP effects on sprint performance of soccer players: heavy-loaded versus optimum-power development protocols. *Journal of Sports Sciences*, 36(20), 2375–2382. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1458400>

Dobbs, W. C., Toluoso, D. V., Fedewa, M. V., & Esco, M. R. (2019). Effect of Postactivation Potentiation on Explosive Vertical Jump: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of strength and conditioning research*, 33(7), 2009–2018. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002750>

Esformes, J. I., & Bampouras, T. M. (2013). Effect of back squat depth on lower-body postactivation potentiation. *Journal of strength and conditioning research*, 27(11), 2997–3000. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31828d4465>

Halsón S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 44 Suppl 2(Suppl 2), S139–S147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>

Hamada, T., Sale, D. G., MacDougall, J. D., & Tarnopolsky, M. A. (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *Journal*

of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985), 88(6), 2131–2137.
<https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.6.2131>

McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K. G., & Rattray, B. (2015). Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(11), 1523–1546. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0376-x>

Morin, J. B., Edouard, P., & Samozino, P. (2011). Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(9), 1680–1688. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318216ea37>

Morin, J., Bourdin, M., Edouard, P., Peyrot, N., Samozino, P., & Lacour, J. (2012). Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *European Journal of Applied Physiology*, 112(11), 3921–3930. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2379-8>

Rassier, D. E., & Macintosh, B. R. (2000). Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Brazilian journal of medical and biological research = Revista brasileira de pesquisas medicas e biologicas*, 33(5), 499–508. <https://doi.org/10.1590/s0100-879x2000000500003>

Rhea, M. R., Kenn, J. G., Peterson, M. D., Massey, D., Simão, R., Marin, P. J., Favero, M., Cardozo, D., & Krein, D. (2016). Joint-Angle Specific Strength Adaptations Influence Improvements in Power in Highly Trained Athletes. *Human Movement*, 17(1). <https://doi.org/10.1515/humo-2016-0006>

Sale D. G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. *Exercise and sport sciences reviews*, 30(3), 138–143. <https://doi.org/10.1097/00003677-200207000-00008>

Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. *Sports Medicine*, 39(2), 147–166. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939020-00004>

Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M., Jo, E., Lowery, R. P., & Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *Journal of strength and conditioning research*, 27(3), 854–859. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825c2bdb>

Winwood, P. W., Posthumus, L. R., Cronin, J. B., & Keogh, J. W. (2016). The Acute Potentiating Effects of Heavy Sled Pulls on Sprint Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1248–1254. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001227>

Xenofondos, A., Laparidis, K., Kyranoudis, A., Ch, G., Bassa, E., & Kotzamanidis, C.(2010). POST-ACTIVATION POTENTIATION: FACTORS AFFECTING IT AND THE EFFECT ON PERFORMANCE. *Citius Altius Fortius*, 28(3), 32-38. <https://doaj.org/article/c9fd102b860b49b2acb490fae4ff089d>

Yetter, M., & Moir, G. L. (2008). The acute effects of heavy back and front squats on speed during forty-meter sprint trials. *Journal of strength and conditioning research*, 22(1), 159–165. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31815f958d>

12 Anexos

12.1 Anexo I Hoja Informativa.

INFORMACIÓN PARA LOS PARTICIPANTES

El/la estudiante David Garcia Carvajal del doble grado en Fisioterapia y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, dirigido/a por Carla Pérez-Chirinos Buxadé, está llevando a cabo el proyecto de investigación Comparación de dos protocolos PAP con Hip-thrust y Half Back Squat y su efecto en el esprint en atletas de categoría sub18 especializados en disciplinas de velocidad (100-200m) y saltos.

El proyecto tiene la finalidad de observar el efecto que producen dos protocolos PAP cuyos ejercicios activadores son el Hip.Thrust y Half Back Squat en el rendimiento del esprint (0-30m), mediante la medición de las variables tiempo, tiempo de vuelo, tiempo de contacto y longitud y frecuencia de zancada. En primer lugar, el estudio consistirá en cuatro días independientes, los primeros dos días pertenecerán a la fase de cálculo estimado del 1RM del ejercicio activador. La segunda fase consta de la ejecución de los protocolos PAP, dedicando un día a cada protocolo. Le pedimos su colaboración para participar en el presente estudio ya que, usted cumple los siguientes criterios de inclusión: Atleta de categoría sub-16 o sub-18 con más de un año de experiencia en el entrenamiento de fuerza.

Esta colaboración implica participar en las fases anteriormente citadas que se detallarán más ampliamente a continuación:

-Realización de dos sesiones con la siguiente estructura: Calentamiento general, Movilidad de cadera, calentamiento específico del movimiento activador, una Top Set que servirá para calcular la 1RM estimada del movimiento.

-La segunda fase consta de la ejecución de los dos protocolos PAP y los diferentes esprints.

Se asignará a todos los participantes un código, por lo que es imposible identificar al participante con las respuestas dadas, garantizando totalmente la confidencialidad. Los datos que se obtengan de su participación no se utilizarán con ningún otro fin distinto del explicitado en esta investigación y pasarán a formar parte de un fichero de datos, del que será máximo responsable el investigador principal. Dichos datos quedarían protegidos mediante el cifrado de archivos, y únicamente el equipo investigador tendrá acceso a los mismos.

El fichero de datos del estudio estará bajo la responsabilidad del investigador principal, ante el cual podrá ejercer en todo momento los derechos que establece la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Todos los participantes tienen derecho a retirarse en cualquier momento de una parte o de la totalidad del estudio, sin expresión de causa o motivo y sin consecuencias. También tienen derecho a que se les clarifiquen sus posibles dudas antes de aceptar participar y a conocer los resultados de sus pruebas.

Nos ponemos a su disposición para resolver cualquier duda que pueda surgirle. Puede contactar con nosotros a través del siguiente correo electrónico: dgarciaca@edu.tecnocampus.cat

12.2 Anexo II Consentimiento informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PARTICIPANTE

Yo, [NOMBRE Y APELLIDOS DEL PARTICIPANTE], mayor de edad, con DNI [NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN], actuando en nombre e interés propio,

DECLARO QUE:

He recibido información sobre el proyecto Comparación de dos protocolos PAP con Hip-thrust y Half Back Squat y su efecto en el esprint en atletas de categoría sub18 especializados en disciplinas de velocidad (100-200m) y saltos., del que se me ha entregado hoja informativa anexa a este consentimiento y para el que se solicita mi participación. He entendido su significado, me han sido aclaradas las dudas y me han sido expuestas las acciones que se derivan del mismo. Se me ha informado de todos los aspectos relacionados con la confidencialidad y protección de datos en cuanto a la gestión de datos personales que comporta el proyecto y las garantías tomadas en cumplimiento de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Mi colaboración en el proyecto es totalmente voluntaria y tengo derecho a retirarme del mismo en cualquier momento, revocando el presente consentimiento, sin que esta retirada pueda

influir negativamente en mi persona en sentido alguno. En caso de retirada, tengo derecho a que mis datos sean cancelados del fichero del estudio.

Así mismo, renuncio a cualquier beneficio económico, académico o de cualquier otra naturaleza que pudiera derivarse del proyecto o de sus resultados.

Por todo ello,

DOY MI CONSENTIMIENTO A:

1. Participar en el proyecto Comparación de dos protocolos PAP con Hip-thrust y Half Back Squat y su efecto en el esprint en atletas de categoría sub18 especializados en disciplinas de velocidad (100-200m) y saltos.
2. Que David Garcia Carvajal y su director/a Carla Pérez-Chirinos Buxadé puedan gestionar mis datos personales y difundir la información que el proyecto genere. Se garantiza que se preservará en todo momento mi identidad e intimidad, con las garantías establecidas en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).
3. Que los investigadores conserven todos los registros efectuados sobre mi persona en soporte electrónico, con las garantías y los plazos legalmente previstos, si estuviesen establecidos, y a falta de previsión legal, por el tiempo que fuese necesario para cumplir las funciones del proyecto para las que los datos fueron recabados.

En [CIUDAD], a [DIA/MES/AÑO]

[FIRMA PARTICIPANTE]

[FIRMA DEL ESTUDIANTE] [FIRMA DEL DIRECTOR/A]